

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Design a konstrukční řešení základní varianty nástavby pro podvozek  
elektromobilu využitelné pro volnočasové aktivity a turismus

Design and a Construction of a Basic Version of a Car Body for an Electric  
Car Chassis Usable for Free Time Activities and Tourism

Student:

Bc. Jiří Čoupek

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Folta, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Čoupek**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin

Téma: Design a konstrukční řešení základní varianty nástavby pro podvozek elektromobilu využitelného pro volnočasové aktivity a turismus  
Design and a Construction of a Basic Version of a Car Body for an Electric Car Chassis Usable for Free Time Activities and Tourism

Zásady pro vypracování:

cílem práce je návrh základní varianty nástavby podvozku elektromobilu využitelného pro volnočasové aktivity pro firmu Moravský výzkum, s. r. o., Ostrava.

1. Proved'te rešerši typů a provedení nástaveb u vozidel obdobného charakteru.
2. Navrhněte konstrukční řešení nástavby elektromobilu podle požadavků zadavatele.
3. Ve spolupráci s Bc. Petrem Pláškem navrhněte připojovací prvky této účelové nástavby.
5. Proved'te potřebné silové a pevnostní výpočty.
6. Zpracujete 3D model a výkresovou dokumentaci v rozsahu podle pokynů vedoucího práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

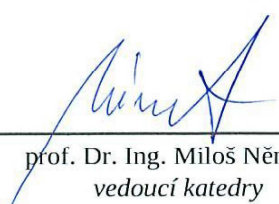
Boháček, F. *Části a mechanismy strojů I a II*. Brno: VUT Brno, 1987.  
Bolek, A. a kol. *Části strojů - svazek 1. a 2*. Praha: SNTL, 1990.  
Němec, J. a kol. *Pružnost a pevnost ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1989.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Folta, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015

  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry




  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18. května 2015

  
.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 18. května 2015

  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jiří Čoupek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Zikova 20/610, Olomouc



## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ČOUPEK, J. *Design a konstrukční řešení základní varianty nástavby pro podvozek elektromobilu využitelné pro volnočasové aktivity a turismus*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2015, 45s. Vedoucí práce: Folta, Z.

Diplomová práce se zabývá návrhem designu a základní konstrukce nástavby automobilu. V úvodu práce je přehled současných elektromobilů různých automobilek. Následuje návrh velikosti nástavby dle požadavků. Poté je proveden návrh designu nástavby. Pro nástavbu byl navržen nosný rám. Rám byl kontrolován pomocí MKP. Další část obsahuje řešení spojovacích prvků nástavby a podvozku automobilu. Poté jsou vyřešeny systémy řízení vozidla a návrh designu kabiny posádky. Na konec jsem provedl dořešení zbývajících prvků nástavby jako dveře, okna a osvětlení. K práci bude doložen výkres svařence rámu nástavby.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

ČOUPEK, J. *Design and a Construction of a Basic Version of a Car Body for an Electric Car Chassis Usable for Free Time Activities and Tourism*: Master Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava , Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanism, 2015, 45 p. Thesis head: Folta, Z.

This diploma thesis deals with the design and basic body structure of a car. The introduction is an overview of current electric vehicles of various automakers. Then the size draft of the basic body as required. After that is follows design of the superstructure. Bearing frame has been designed for the bodywork. The frame was controlled by FEM. Another section contains solutions for fasteners bodywork and chassis of the car. Then there are solved driving systems and design of the cabin crew. At the end I resolved the remaining elements of the superstructure as doors, windows and lighting. The work will be accompanied by a drawing of the frame weldment bodies.

**Obsah**

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK.....	8
0 ÚVOD.....	9
1 PŘEHLED VOZIDEL A PROVEDENÍ NÁSTAVEB .....	10
1.1 PEUGEOT iOn .....	10
1.2 Courb C – ZEN .....	11
1.3 Venturi Amerika .....	12
1.4 Tesla Model S .....	13
1.5 BMW i3.....	14
1.6 GM HY-WIRE.....	15
1.7 Vyhodnocení.....	17
2 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ NÁSTAVBY .....	18
2.1 Obecné požadavky zadavatele na automobil.....	18
2.2 Požadavky zadavatele nanástavbu .....	18
2.3 Ergonomie.....	18
2.4 Podvozek.....	21
3 DESIGNOVÁ STUDIE.....	23
3.1 Design .....	23
4 RÁM .....	25
4.1 Hlavní část .....	25
4.2 MKP výpočet rámové konstrukce .....	26
5 SPOJOVACÍ PRVKY .....	29
5.1 V rámu podvozku .....	29
5.2 V rámu nástavby .....	29
5.3 V obou rámech .....	30
6 SYSTÉMY ŘÍZENÍ VOZIDLA.....	31
6.1 Systém volantu a jeho umístění v prostoru pro posádku .....	31
6.2 MKP výpočet hřídele volantu .....	33

6.3 Pedály akcelerace a brzdy .....	35
6.4 Design palubní desky a umístění zobrazovacích prvkův kabině .....	36
6.5 Ovládací dotykové prvky .....	36
7 ZBÝVAJÍCÍ PRVKY NÁSTAVBY .....	38
7.1 Dveře kabiny .....	38
7.2 Okna a výhled z kabiny .....	38
7.3 Vnější prvky osvětlení .....	39
7.4 Zadní dveře nákladového prostoru .....	41
8 ZÁVĚR .....	43
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	44
10 SEZNAM PŘÍLOH .....	46

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK**

<b>Symbol</b>	<b>Význam</b>	<b>Jednotka</b>
$D_v$	Roztečný průměr volantu	mm
$D_u$	Roztečný průměr unašeče hřídele	mm
$F_1$	Síla od ruky řidiče	N
$F_2$	Síla od zkrutné pružiny	N
$F_{max}$	Maximální síla od zkrutné pružiny	N
$M$	Základní moment zkrutné pružiny	$N \cdot m$
$M_1$	Moment od síly na volantu	$N \cdot m$
$M_2$	Potřebný moment od pružiny	$N \cdot m$
$M_{max}$	Maximální moment od zkrutné pružiny	$N \cdot m$
$R_e$	Mez kluzu	MPa
$T$	Tuhost pružiny	$N \cdot mm \cdot ^{\circ-1}$
$d$	Roztečný průměr pružiny	mm
$\alpha$	Úhel otáčení volantu na jednu stranu	$^{\circ}$
$\alpha_{max}$	Maximální úhel volantu na jednu stranu	$^{\circ}$

## 0 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem účelové nástavby automobilu, tak aby ji bylo možno umístit na podvozek navrhovaný kolegou Bc. Pláškem

### **Cíle práce:**

- vypracovat přehled provedení nástaveb u vozidel obdobného charakteru
- navrhnout konstrukční řešení dle požadavků zadavatele
- provést návrh spojovacích prvků nástavby ve spolupráci s Bc. Pláškem
- provést pevnostní návrh základních částí nástavby
- nakreslit výkres základní konstrukce

## 1 PŘEHLED VOZIDEL A PROVEDENÍ NÁSTAVEB

V dnešní době je automobil chápán jako základní prostředek pro osobní dopravu. Jeho skvělá kombinace mobility a nákladů na provoz mu umožnila dobýt svět osobní i nákladní dopravy. Těchto vlastností bylo dosaženo za pomoci spalovacích motorů umístěných na podvozku v kombinaci s požadovanou nástavbou. V dnešní době, ale začíná docházet k pokusům odklonit se od spalovacích motorů poháněných fosilními palivy. Ty by měly nahradit systémy pohonu pomocí elektrické energie.

Zatím nebylo dosaženo konečné kombinace řešení. Každá automobilka má svůj experimentální projekt, který se snaží uvést do běžného provozu. Jisté množství už se dostalo do sériové výroby a dokonce už existují automobilky založené čistě na výrobě elektromobilů. Přesto se zatím žádný dostatečně neprosadil tak, aby pro jeho provoz byla budována dostatečná infrastruktura srovnatelná svým rozsahem s podporou spalovacích motorů. Některé z těch zajímavých se budu dále zabývat blíže.

### 1.1 PEUGEOT iOn

Jedná se o malý rodinný vůz určený pro každodenní dojíždění do práce. Ideální pro městský provoz. Je tvořen samonosnou karosérií s pevně uchyceným podvozkem. Pohon je uložen v zadní části automobilu. Je tvořen elektromotorem s jednostupňovou převodovkou. Baterie jsou též umístěny v zadní části. Dojezd vozidla se pohybuje okolo 130 km a maximální rychlost 130 km/h. Výkon elektromotoru je 47 kW a zásoba v bateriích je 16 kWh. Na této platformě jsou postaveny ještě Citroen C-zero a Mitsubishi iMiEV. Tyto se od sebe liší jen designem. Jak je vidět z obrázku design vozu se drží standartních tvarů.



*Obr. 1.1 Citroen C-zero[4]*

Tab. 1 Technické parametry vozu Peugeot iOn [2]

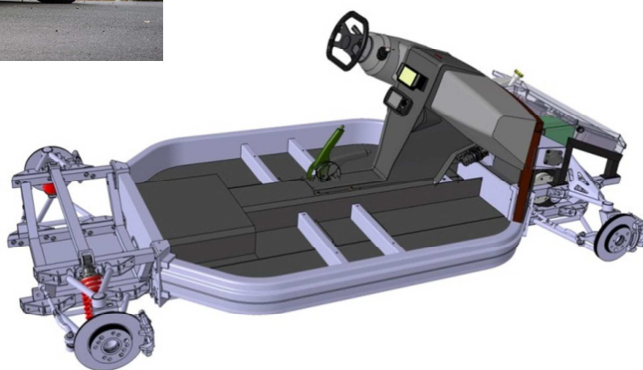
Typ elektromotoru	Třífázový synchronní elektromotor
Výkon elektromotoru	49 kW
Točivý moment elektromotoru	180 Nm
Typ baterií	Lithium-iontové
Výkon baterií	16 kWh
Dojezd	130 km
Maximální rychlost	130 km/h
Rozměry (d x š x v)	3480x1792x1608 mm
Rozvor	2550 mm
Velikost pneumatik	P-145/65 R15, Z-175/55 R15
Hmotnost	1120 kg

## 1.2 Courb C – ZEN

Také francouzská firma Courb vyvinula svůj elektromobil určený pro městský provoz. Automobil je vyráběn se dvěma různými karoseriemi na základní podvozkové části. Nástavby se dělají ve variantě dvoumístná hatchback nebo jako pickup. Nástavba je tvořena pomocí dílců z ABS plastů a má poměrně hypermoderní design. Rám podvozku je tvořen pomocí hliníkových profilů z důvodů úspory hmotnosti. Všechna kola jsou zavěšena samostatně. Pohon je zajištěn elektromotorem o výkonu 15 kW umístěný v přední části. Výkon je přenášen pomocí převodovky s diferenciálem. Baterie jsou uloženy ve středovém tunelu s rozšířením pod sedačkami.



Obr. 1.2 Couber C – ZEN [5]



Obr. 1.3 Podvozek C – ZEN [5]

Tab. 2 Technické parametry vozu Courb C – ZEN [2]

Typ elektromotoru	Asynchronní elektromotor
Výkon elektromotoru	15 kW
Točivý moment elektromotoru	100 Nm
Typ baterií	Lithium-iontové
Výkon baterií	12,4 kWh
Dojezd	120 km
Maximální rychlost	110 km/h
Rozměry (d x š x v)	3423x1926x1429 mm
Rozvor	2358 mm
Velikost pneumatik	175/65 R15
Hmotnost	650 kg

### 1.3 Venturi Amerika

Vozidlo vyráběné společností Venturi je z kategorie crossover. Ta je tvořena kombinací sportovních a terénních vlastností automobilu. Vozidlo disponuje světlou výškou 280 mm. Podvozek je tvořen jako samonosný a skládá se ze tří částí. Střední část je tvořena monokokem z kompozitních materiálů vyztužený hliníkovými voštinovými panely. Přední a zadní část je tvořena pomocí hranolových profilů pro uchycení pohonu a zavěšení. Baterie jsou umístěné ve střední části podvozku z důvodu rozložení hmotnosti a ochrany proti poškození. Pohon je uložen v zadní části vozu. Výkon je přenášen pomocí jednostupňové převodovky na zadní kola. Karosérie je vyrobena z kompozitních materiálů. Její design je poměrně moderní s výraznými hranatými blatníky.



Obr. 1.4 Venturi Amerika [6]





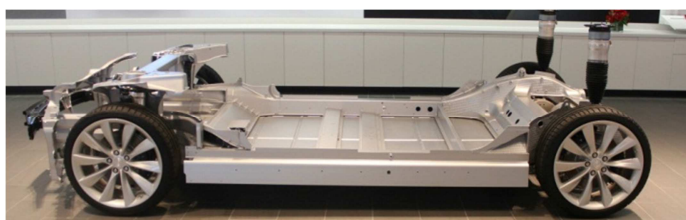
Obr. 1.5 Podvozek Venturi Amerika [6]

Tab. 3 Technické parametry vozu Venturi Amerika [2]

Typ elektromotoru	Třífázový synchronní elektromotor
Výkon elektromotoru	300 kW
Točivý moment elektromotoru	480 Nm
Typ baterií	Lithium-polymerové
Výkon baterií	53 kWh
Dojezd	250 km
Maximální rychlost	220 km/h
Rozměry (d x š x v)	4125x2060x1450 mm
Rozvor	2670 mm
Velikost pneumatik	P – 255/45 R20, Z – 275/45 R20
Hmotnost	1525 kg

## 1.4 Tesla Model S

Tesla motors je první automobilkou vyrábějící čistě elektromobily. Její vlajková loď model S je pětímístný sedan vyvinutý za účelem vytvoření vozidla plně schopného konkurovat klasickým modelům se spalovacím motorem. Svými rozměry se nachází ve střední třídě. Vozidlo je tvořeno samosvornou hliníkovou karosérií velice povedeného designu. Všechna kola jsou zavěšena nezávisle. Baterie jsou tvořeny více než 7000 články pod podlahou. Vyrábí se ve třech variantách 40, 50, 85 kWh. Zavěšení kol jen závislé. Pohon je tvořen elektromotorem o výkonu 310 kW v zadní části, na kola se přenáší pomocí jednostupňové převodovky. Dojezd se pohybuje od 255 do 500 km dle zvolené varianty kapacity baterií. Na vozu se neustále pracuje a vylepšují se jeho parametry. Například přidání dalšího motoru pro pohon přední nápravy.



Obr. 1.7 Podvozek Tesla Model S [8]



Obr. 1.6 Tesla Model S [7]

Tab. 4 Technické parametry vozu Tesla Model S [2]

Typ elektromotoru	Asynchronní elektromotor
Výkon elektromotoru	310 kW
Točivý moment elektromotoru	600 Nm
Typ baterií	Lithium-polymerové
Výkon baterií	40, 60 a 85 kWh
Dojezd	Až 500 km
Maximální rychlost	210 km/h
Rozměry (d x š x v)	4976x1963x1435 mm
Rozvor	2959 mm
Velikost pneumatik	-
Hmotnost	2100 kg

## 1.5 BMW i3

Nejnovějším přírůstkem do skupiny elektromobilů je příspěvek automobilky BMW i3. Tento vůz je čtyřmístný osobní elektromobil. Svými parametry spadá mezi malá městská auta. Je tvořen pomocí koncepce samostatné karoserie a podvozku. Podvozek tvoří samostatný hliníkový rám s bateriemi. Baterie jsou umístěny ve střední části vozu. Všechna kola jsou nezávisle zavěšena. Pohon elektromotorem je umístěný v zadní části vozu. Výkon je na kola přenášen pomocí jednostupňové převodovky. Dojezd vozidla se dá prodloužit pomocí spalovací jednotky o výkonu 34 kW. Dojezd se tím zdvojnásobí. Karoserie je z uhlíkových kompozitů s netradičně řešeným otvíráním dveří, které se otevírají proti sobě. Automobil má poněkud zvláštní futuristický design.



Obr. 1.8 BMW i3 [9]



Obr. 1.9 Podvozek BMW i3 [10]

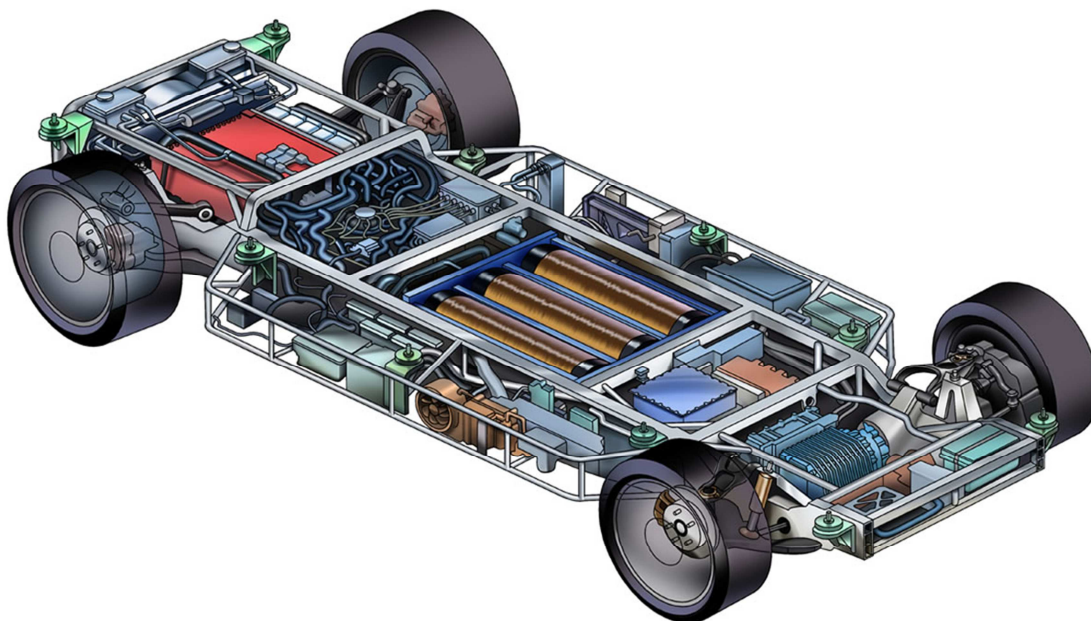
Tab. 5 Technické parametry vozu BMW i3 [2]

Typ elektromotoru	Synchronní elektromotor
Výkon elektromotoru	125 kW
Točivý moment elektromotoru	250 Nm
Typ baterií	Lithium-iontové
Výkon baterií	22 kWh
Dojezd	130 - 160 km
Maximální rychlost	150 km/h
Rozměry (d x š x v)	3999x1775x1578 mm
Rozvor	2570 mm
Velikost pneumatik	155/70 R19
Hmotnost	1195 kg

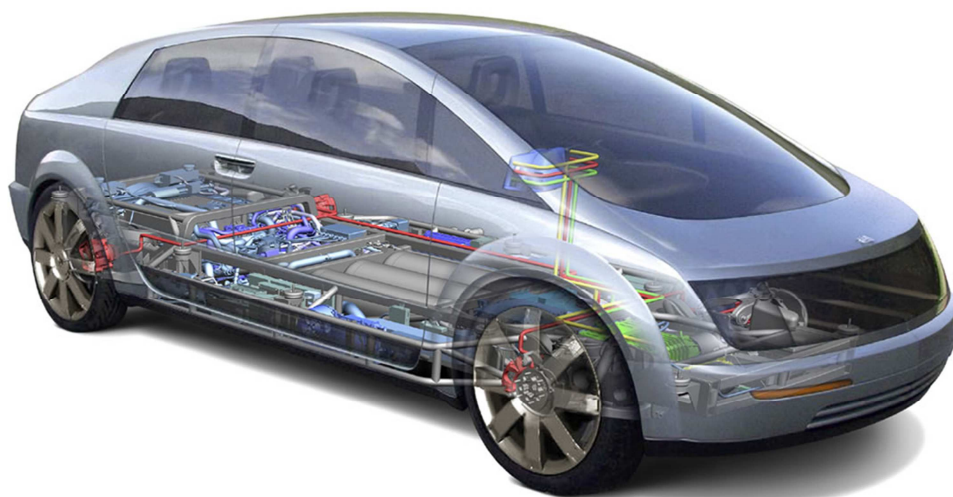
## 1.6 GM HY-WIRE

Společnost GM vytvořila automobil založený na jiném principu než předchozí vozidla. Tento princip spočívá v nahrazení uchovávání energie v baterii pomocí uchovávání energie formou zásoby vodíku. Vodík se na elektrinu převádí v elektrickém článku pomocí chemické reakce. Automobil je vybaven třemi zásobními lahvemi na vodík o celkovém objemu 2 kg stlačeného vodíku. Tento systém je umístěn v samostatném rámu podvozku. Kola jsou zavěšena samostatně. Pohonou jednotkou je elektromotor v zadní části bez převodovky. Řízení je provedeno netradičně pomocí systému „drive-by-wire“. Tedy bez přímého mechanického propojení. Všechny prvky řízení jsou tímto systémem provedeny. Výhodou je že lze pomocí elektroniky ovlivňovat řízení vozidla a tak zabránit kolizím, nebo přílišné horlivosti řidiče, aby nedošlo k přetažení vozidla. Také umožňuje umístění ovládacích prvků, kdekoliv v nástavbě. Spojení s nástavbou je provedeno pomocí 10 kotevních bodů. Díky tomu je možno při dodržení těchto spojovacích vytvořit plně

zaměnitelnou karosérii. Základní karosérie je rodinného typu pro čtyři až pět osob. Design karosérie připomíná scifi 80. až 90. léta. Volant je tvořen pomocí otočných pák. Klasický systém se zrcátka je plně nahrazen kamerovým.



Obr. 1.10 Podvozek GM HY-WIRE [11]



*Obr. 1.10 GM HY-WIRE [11]*

Tab. 6 Technické parametry vozu GM HY-WIRE [2]

Typ elektromotoru	Asynchronní elektromotor
Výkon elektromotoru	60 kW
Točivý moment elektromotoru	215 Nm
Typ baterií	Palivové články
Výkon baterií	- kWh
Dojezd	- km
Maximální rychlost	- km/h
Rozměry (d x š x v)	5000x1870x1570 mm
Rozvor	3114 mm
Velikost pneumatik	P – R20, Z – R22
Hmotnost	1900 kg

## 1.7 Vyhodnocení

Jako nejčastější hlavní znaky elektromobilů se dá považovat koncepce založená na maximální úspoře hmotnosti s cílem kompenzovat zvýšenou hmotnost baterií proti klasické nádrži na fosilní paliva. S řešením negativního vlivu hmotnosti baterií na základní rozložení hmotnosti ve vozidle pomocí jejich umístění ve středu vozidla. Všechna vozidla využívají systém nezávislého uložení všech kol. Pohon pomocí náhonu na zadní kola převodovaného buď na přímo, nebo s jednostupňovou převodovkou. Pro požadavky homologace vozidla jsou vyráběné vozy vybaveny standartními ovládacími prvky s mechanickou vazbou. Dobré jízdní vlastnosti jsou dále podpořeny nezávislým zavěšením všech kol. U některých vozidel je vidět prvky zaměnitelné karosérie v různé fázi. Od plně zaměnitelné karosérie až po zaměnitelné základní samonosné prvky s rozdílnými designy.

U konceptů dochází k více futuristickým řešením i za cenu nemožnosti dostat vozidlo do běžného provozu. Tyto prvky umožňují lepší možnosti zaměnitelnosti nástaveb stejně tak lepší kontrolu řízení pro větší bezpečnost. U tohoto vozidla je vidět jasný směr vývoje směrem k automatickému nebo vzdálenému řízení.

## **2 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ NÁSTAVBY**

Nástavba byla navržena s ohledem na požadované vlastnosti zadané zadavatelem. Během navrhování jsem spolupracoval s kolegou pracujícím na návrhu podvozku dle požadavků stejného zadavatele. Cílem bylo vytvořit funkční prototyp automobilu.

### **2.1 Obecné požadavky zadavatele na automobil**

Během navrhování by měl být brán zřetel na konstrukčně jednoduchá řešení. Pokusit se minimalizovat hmotnost výsledné konstrukce. Vozidlo by mělo vypadat atraktivně.

### **2.2 Požadavky zadavatele na nástavbu**

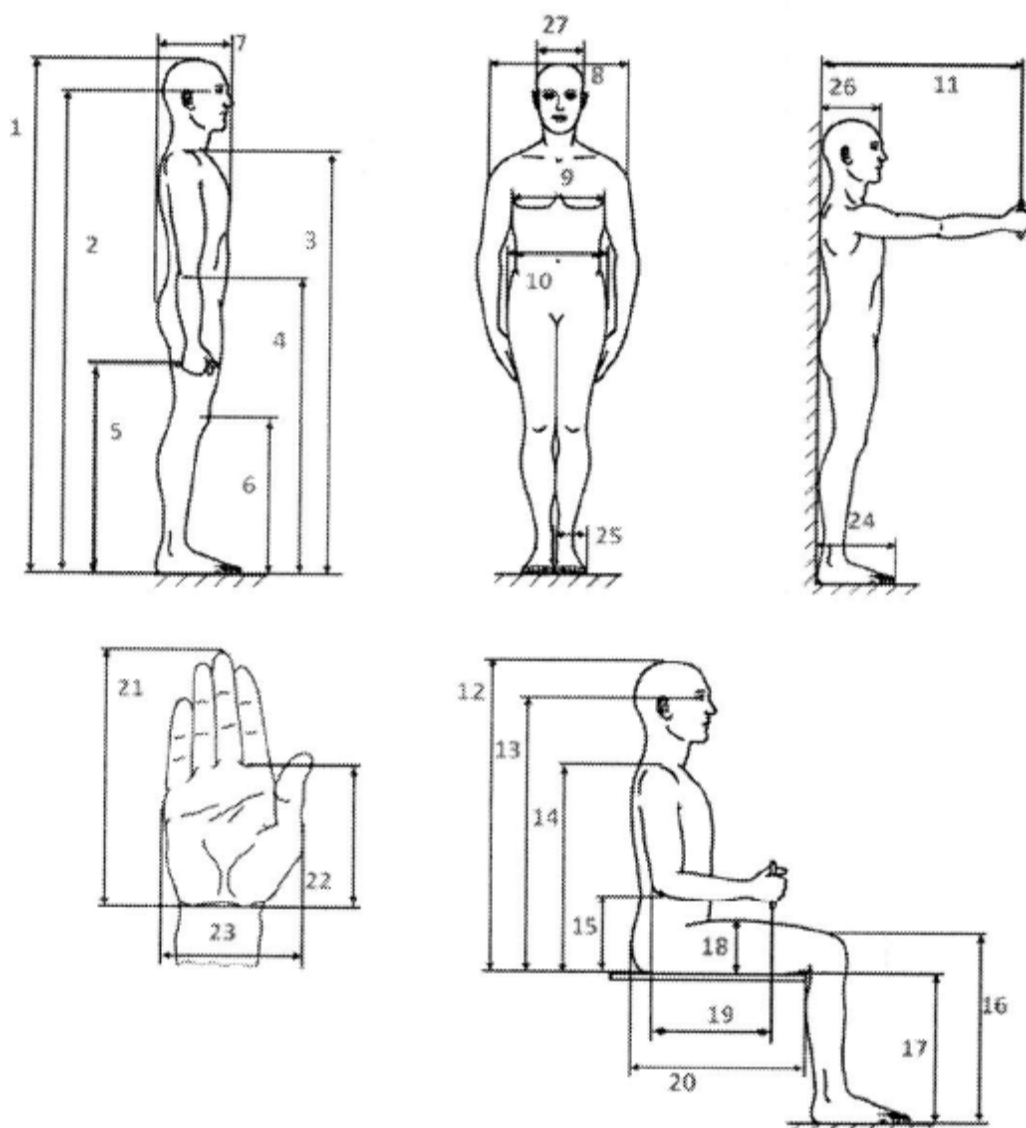
Detailní požadavky na nástavbu se nachází v [1].

### **2.3 Ergonomie**

Vozidlo je určeno pro volnočasové aktivity a turismus, proto by měla kabina navržena jako uživatelsky příjemná. Toho bylo dosaženo navržením míst pro posádku s přihlédnutím ergonomickým parametrům člověka.

#### **2.3.1 Rozměry člověka**

Na základě normy ČSN EN 547 –3 [12] jsem nakreslil zjednodušený model pro jednotlivé percentily a obě pohlaví. Těmito čtyřmi modely byla rozměrově pokryta drtivá většina populace. Dále jsou modely opatřeny úhly rozsahu zorného pole.



Obr. 2.1 Schématické rozměry postavy [12]

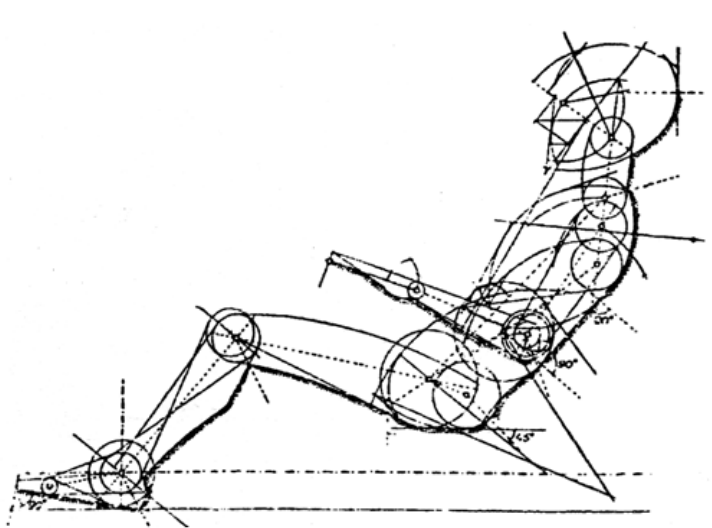
Tab. 7 Tabulka vybraných hodnot z normy [12]

Rozměry mm					
Číslo kóty	Název rozměru	Muži percentil		Ženy percentil	
		5	95	5	95
2	Výška očí	153	173,5	143	160,5
6	Výška kolen	43	46	40	45
7	Hloubka těla	26	28,5	24,5	29
12	Výška vsedě nad sedadlem	85,5	96,5	81	86
13	Výška očí nad sedlem	74	85,5	70,5	80,5
16	Výška kolena	49,5	58,5	46	54,5
18	Tloušťka stehna vsedě	13	18	12,5	17,5
20	Délka hýždě - podkolení	45	54	43,5	53
24	Délka chodidla	24,5	28,5	22,5	26
26	Délka hlavy	18,5	20,5	17	19,5

### 2.3.2 Usazení v sedadle

O kvalitě cestování ve vozidle značnou měrou rozhoduje kvalita sedadel, ale stejně tak i volba vhodného posedu. Požadavky na posezení ve vozidle tedy jsou ergonomicky tvarované stavitelné sedadlo, tzv. plnohodnotné sedadlo a vhodná dosažitelnost ovládacích prvků. Umístění postavy v sedadle je klíčové pro výsledné rozměry vozidla. Kladené nároky vzhledem k zadání jsou:

- Vysoký komfort osádky
- Co možná nejmenší délková zástavba
- Nejmenší počet prvků stavitelnosti



*Obr. 2.2 Ilustrativní obrázek modelu postavy v sedě [12]*

Požadovaných parametrů jsem dosáhl zvolením kombinace vysokého posedu a pevné polohy pedálu. Veškerá stavitelnost bude dosažena stavitelností sedadla. Z obrázku je patrné, že pro různé sklony nohou lze dosáhnout značné úspory výsledné délky vozidla. Pro návrh výsledných rozměrů byla zvolena varianta s nejmenší vzdáleností k pedálu.

Podrobné výsledné provedení usazení první řady sedadel je uvedeno v technické zprávě [1]. Tento postup je v souladu s platnou verzí Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských studijních programech – VŠB-TU Ostrava (TUO\_VP\_07\_004 verze: E), čl. 26, odstavec 9: „V případě, kdy zadání diplomové práce vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a je zaměřeno na aktuální témata jejich výroby, výzkumné a obchodní činnosti, je řešení studenta, diplomanta, týkající se citlivých dat



*spolupracující osoby, zpracováno v samostatné zprávě, která je uložena na katedře zadávající diplomovou práci a v diplomové práci je citována.“*

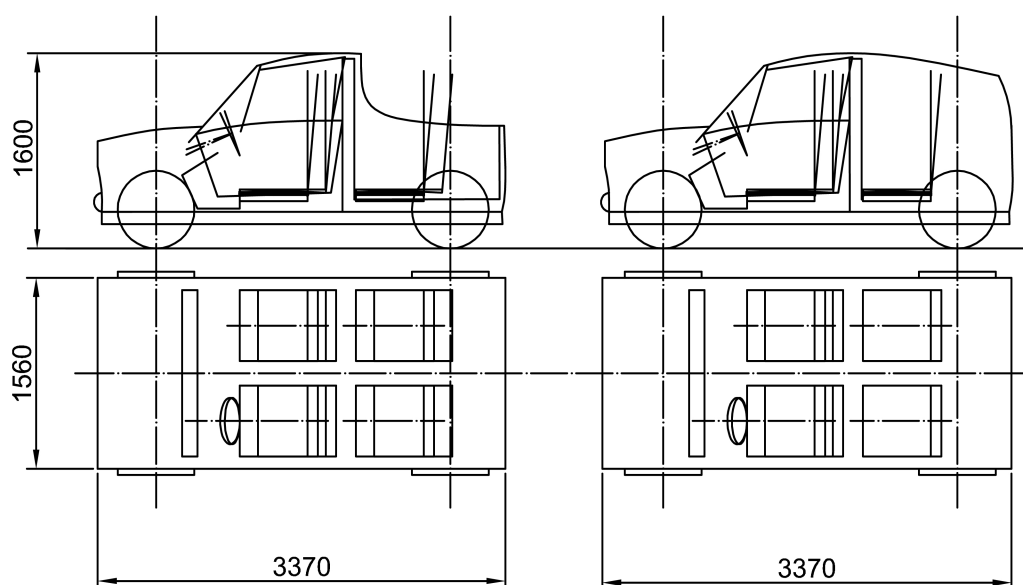
### 2.3.3 Usazení druhé řady

Aby bylo vyhověno požadavku možnosti vykonstruovat na stejném podvozku i čtyř sedadlovou verzi. Bylo nutné vyřešit vhodné délkové umístění druhé řady sedadel. Základním vstupním parametrem je umístění prvního páru sedadel a jejich uvažovaná možnost pohybu vzad. Z tohoto parametru a z velikosti parametru ergonomického modelu člověka byla zvolena poloha druhého páru sedadel. Pro tento pár sedadel bylo uvažováno použití neplnohodnotných sedadel, bez možnosti úpravy.

Detailní provedení usazení druhé řady sedadel se nachází v [1].

## 2.4 Podvozek

Důležitými prvky pro navrženou nástavbu byly rozměry dodané kolegou pracujícím na podvozkové části. Tyto rozměry se skládají z volby umístění pohonů, zavěšení kol s ohledem na ergonomické požadavky usazení posádky v požadovaných variantách nástavby.



Obr. 2.3 Modely uvažovaných nástaveb a variant sedadel s orientačními rozměry.

### **2.4.1 Délkové rozměry**

Největší vliv na výslednou délku po usazení posádky mají rozměry zavěšení podvozku pro různé polohy. Těmito polohami jsou vnější obálka trajektorie, kterou opisuje pneumatika během otáčení do maximální polohy vytočení. Protože obě nápravy byly zvoleny jako řiditelné, bylo nutné uvažovat obálky obou náprav. Tuto obálku bylo nutno ještě rozšířit o nutný přírůstek na odvod vzorkem pneumatiky zachycené vody a nečistot. Délka vozidla je ovlivněna umístěním zadních a předních bezpečnostních prvků.

### **2.4.2 Výškové rozměry**

Vhodná volba rámu a zavěšením musí splňovat co možná nejlepší dosažitelné jízdní vlastnosti v kombinaci s dostatečnou tuhostí rámu při co nejmenší v hmotnosti. Tato volba společně s rozložením pohonu a umístěním baterií rozhoduje o základní výšce pro polohu podlahy kabiny. Svůj vliv na výšku má i velikost podběhu náprav. Jeho výška je závislá na velikosti zdvihu odpružení [3] a velikosti prostoru pro odvod vody a nečistot.

### **2.4.3 Šířka vozu**

Šířka vozu je dána velikostí prostoru daného ergonomickým modelem sedící postavy ve dvou sedadlech umístěných vedle sebe. Rozměr se ještě navyšuje o hodnotu šířky dveří, tak, aby byla splněna podmínka uzavřené kabiny. Tuto hodnotu je možno ještě o něco zvýšit z důvodu vyhověním nárokům na konstrukci podvozku.

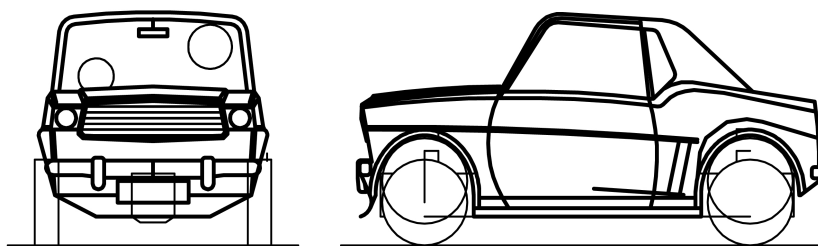
### **2.4.4 Výsledný tvar rámu podvozku**

Detailní provedení výsledného tvaru rámu podvozku se nachází v [1].

### 3 DESIGNOVÁ STUDIE

Po kompletaci základních rozměrových prvků jsem vytvořil několik variant výsledného tvarového řešení nástavby. Požadavky kladené na řešení byly:

- použití základních materiálů (ocel, hliník)
- vytváření jednoduchých tvarových celků s cílem dosáhnout nízké výrobní náklady
- atraktivní vzhled



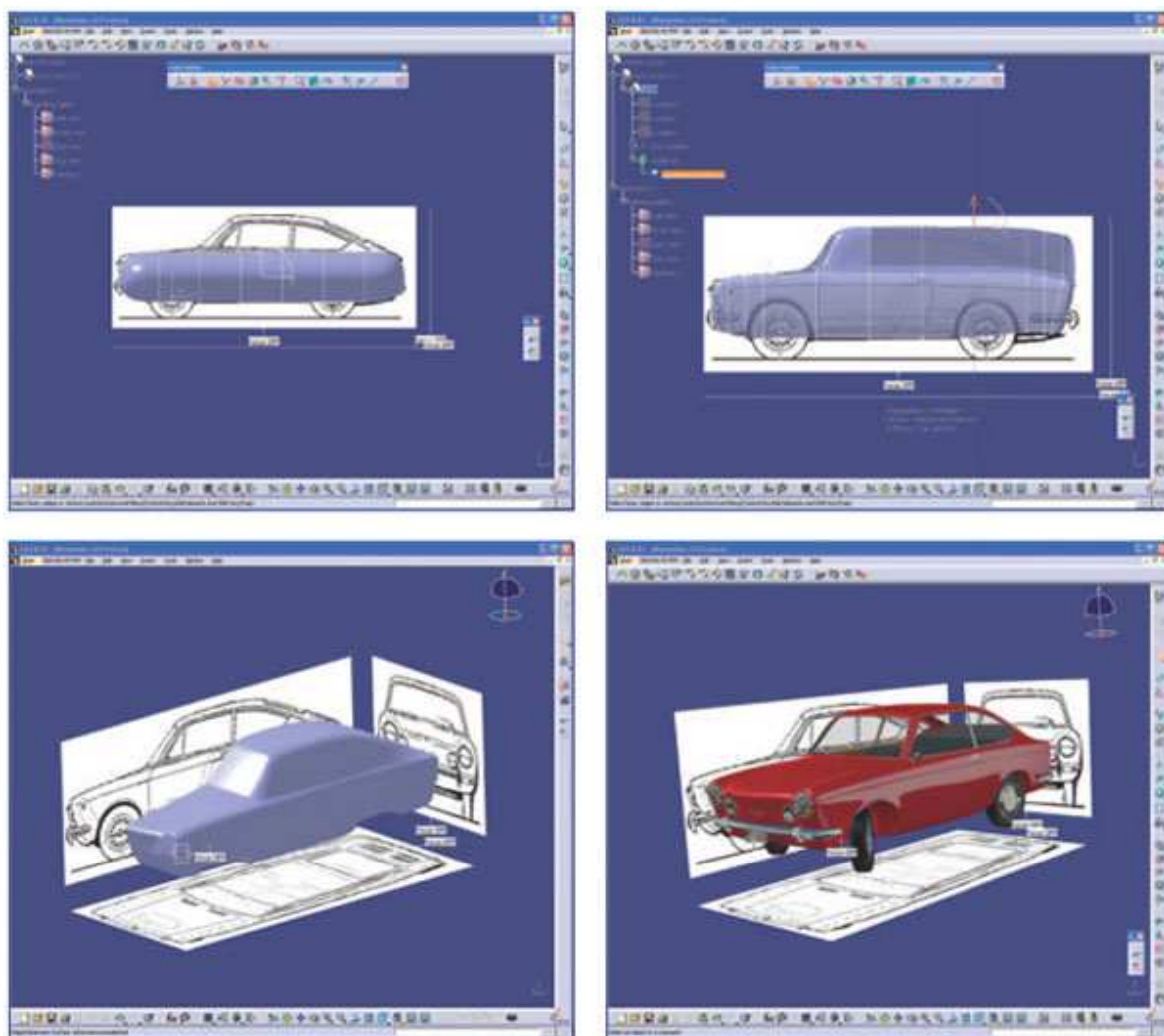
*Obr. 3.1 Ilustrativní obrázek studie sportovního vozu na podvozkové platformě.*

#### 3.1 Design

Design je hlavním prvkem vnímání vozidla. A to jak z vnější strany ve formě karosérie, tak zevnitř ve formě palubní desky. Proto je důležité provést návrhovou studii možných variant, tak aby co možná nejlépe došlo ke splnění představ zadavatele. Design je značně subjektivní pojem.

Návrhy tvaru karosérie byly provedeny napřed jako 2D nákresy. Za použití skutečných rozměrů vozidla a umístění kol. Poté byly vybrány vhodné koncepty a přepracovány do 3D modelů ve snaze ověřit vhodnost navrženého řešení.

Detailní provedení návrhů designu se nachází v [1].



Obr. 10 Modelování tvaru automobilu v Imagine & Shape

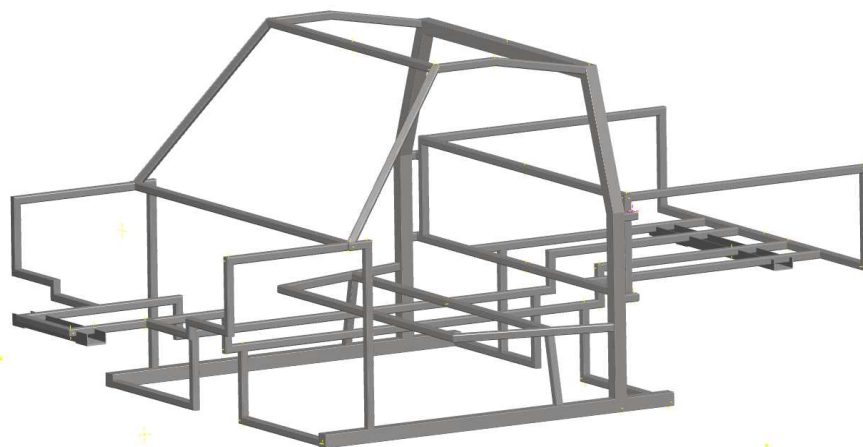
*Obr. 3.2 Ilustrativní obrázek postup převádění 2D obrázků na 3D model[13]*

## 4 RÁM

Nástavba by měla být opatřena samostatným rámem. Ten je tvořen dvěma částmi. První část je nosná, plní funkci pevnostního rámu zajišťujícího tuhost konstrukce, bezpečné propojení s podvozkovou částí, bezpečnost posádky, uložení nákladu v nákladovém prostoru. Druhá část tvoří konstrukce pro umístění dílu na rám v místech mimo základní konstrukci rámu.

### 4.1 Hlavní část

Tato část plní základní funkce, vytváří propojení s podvozkovou částí, zajišťuje dostatečnou tuhost nástavby a bezpečné uchycení hlavních prvků. Tvoří bezpečnostní konstrukci kolem posádky a oporu pro uložení nákladu v nákladovém prostoru během jízdy.



*Obr. 4.1 Model rámové konstrukce nástavby.*

#### 4.1.1 Pevnostní část

Tato část vytváří obálku kolem podvozku a na vhodných místech je s ním propojena. Tyto místa splňují podmínku vhodného umístění z pohledu silových účinků pro dosažení maximální tuhosti propojených rámu.

### 4.1.2 Bezpečnostní klec

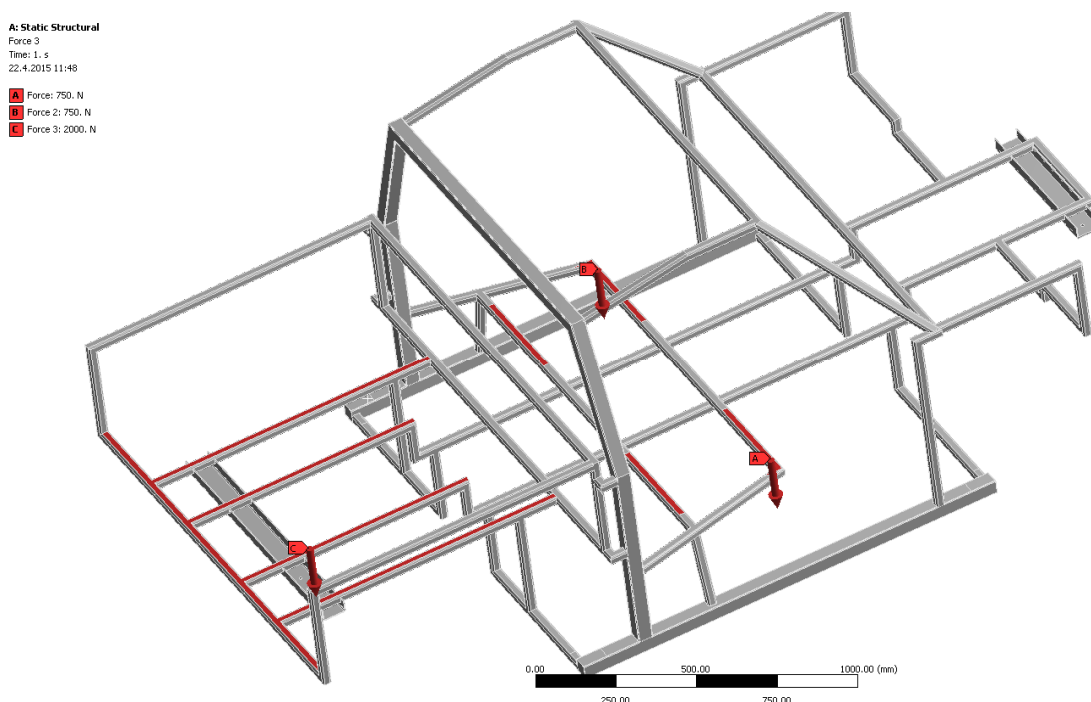
Je to soustava vytvářející obálku kolem posádky vozu. Tato obálka zabraňuje deformaci měkkých částí vozidla při nehodě. Měkkými částmi se rozumí plechová karosérie vozidla.

### 4.1.3 Opora úložného prostoru

V zadní části nástavby se nalézá úložný prostor. Tuto část vozidla je také nutno opatřit tužší konstrukcí z důvodů větší zátěže od přepravovaných břemen. Hmotnost užitečné zátěže by měla být stejná jak pro variantu čtyř míst pro posádku a malého nákladu, tak pro variantu dvou míst pro posádku a větší náklad. Hmotnost většího nákladu by se tedy měla rovnat z hmotností dvou členů posádky a malého nákladu.

## 4.2 MKP výpočet rámové konstrukce

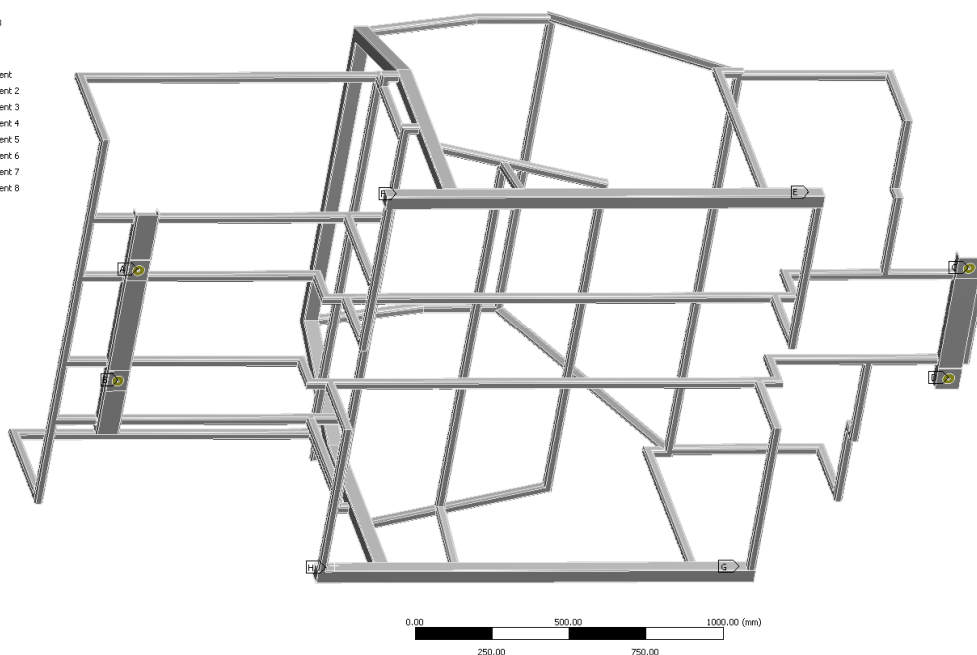
Pro hlavní část rámové konstrukce jsem provedl kontrolu na maximální napětí pomocí MKP analýzy. Jako zatěžující síly jsem zvolil hmotnost posádky, nákladu a rámové konstrukce. Dynamické síly působící na nástavbu jsem nezapočítal z důvodů neznalosti výsledného chování vozidla, závislého na podvozkové části. Jako pevné prvky jsem zvolil místa upevnění k rámu podvozkové části. Těchto míst bude celkem 8. Hmotnost rámu je 144 kg.



Obr. 4.2 Rozložení sil, velká plocha náklad, dvě menší pozice posádky.

A: Static Structural  
Remote Displacement: 8  
Time: 1. s  
22.4.2015 11:49

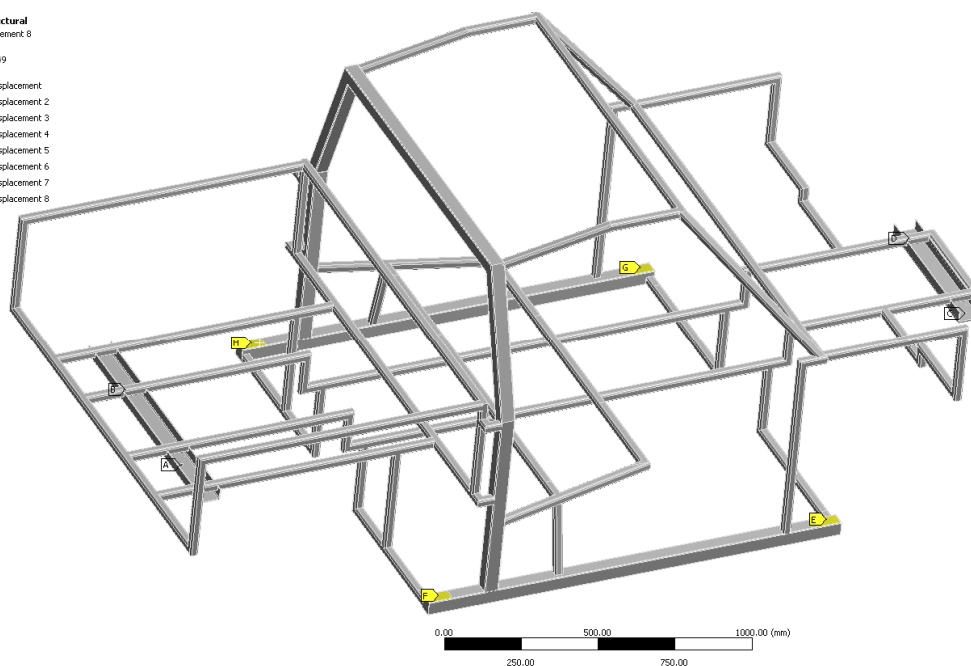
- A Remote Displacement
- B Remote Displacement: 2
- C Remote Displacement: 3
- D Remote Displacement: 4
- E Remote Displacement: 5
- F Remote Displacement: 6
- G Remote Displacement: 7
- H Remote Displacement: 8



Obr. 4.3 Pozice bodů uchycení k rámu, pevné vazby v přední a zadní části

A: Static Structural  
Remote Displacement: 8  
Time: 1. s  
22.4.2015 11:49

- A Remote Displacement
- B Remote Displacement: 2
- C Remote Displacement: 3
- D Remote Displacement: 4
- E Remote Displacement: 5
- F Remote Displacement: 6
- G Remote Displacement: 7
- H Remote Displacement: 8

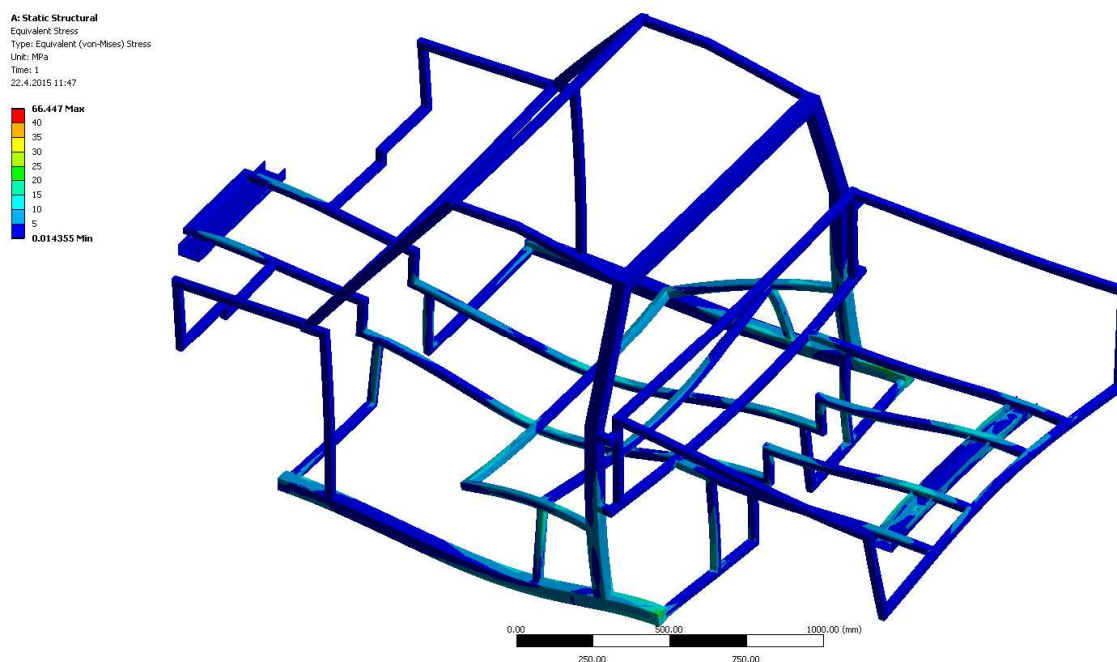


Obr. 4.4 Pozice bodů ve střední části rámu nejdále od středového rámu

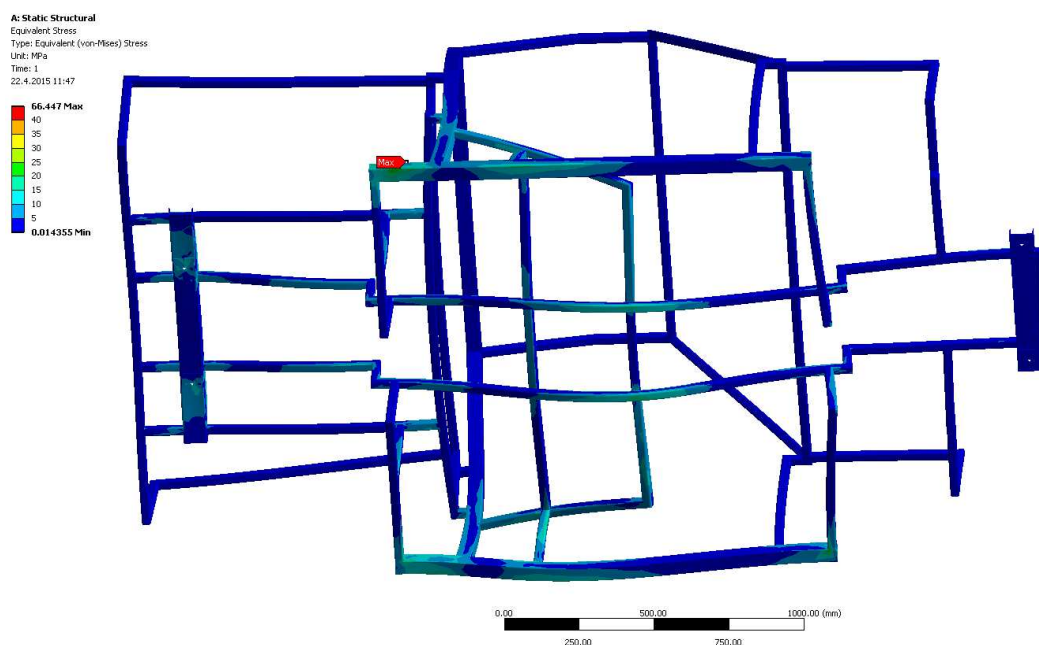
## 4.2.1 Výsledky analýzy

Analýza ukázala maximální redukované napětí s hodnotou 67 MPa v místech zadního vnějšího zavěšení. Na nosníku v kritickém místě zaoblení dochází ke kumulaci napětí. Dále je z výsledků vidět, že v ostatních částech napětí nepřekračuje hodnota redukovaného

napětí 30 MPa. Což pro použitý materiál ocel 11 373 s mezí kluzu 205 MPa [14], dává bezpečnost  $k_1 = 3$  v kritickém místě, v ostatních místech dosahuje více jak  $k_2 = 6,8$ . Tyto hodnoty jsou dostatečné.



Obr. 4.5 Výsledky MKP výpočtu v programu ANSYS pohled 1.



Obr. 4.6 Výsledky MKP výpočtu v programu ANSYS pohled 2.

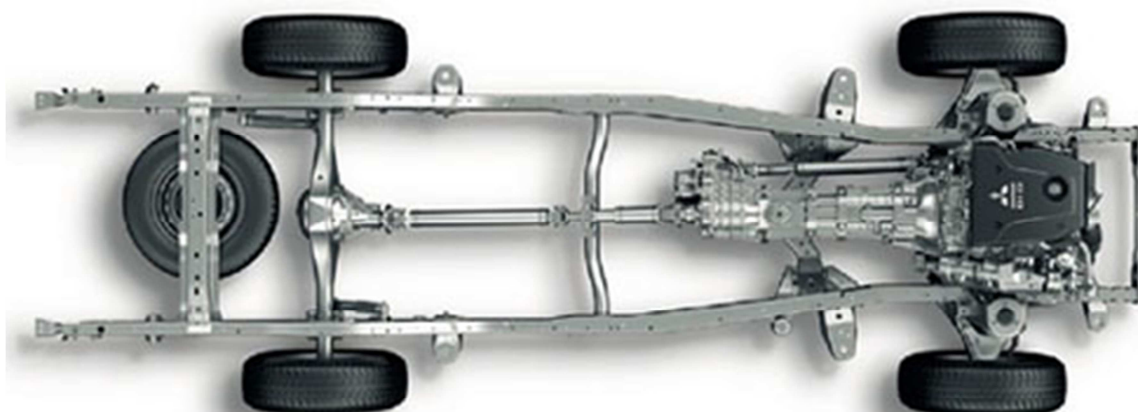


## 5 SPOJOVACÍ PRVKY

Spojení rámu podvozku a rámu karosérie musí splnit několik základních požadavků v rámci pevného spojení rámu podvozku a nástavby, musí eliminovat vibrace a neměly by zasahovat do ostatních funkčních částí vozidla. Provedení spojení je možno pomoci několika řešení. Ty lze rozdělit na řešení v oblasti rámu podvozku, řešení v oblasti rámu nástavby, řešení v oblasti obou rámu.

### 5.1 V rámu podvozku

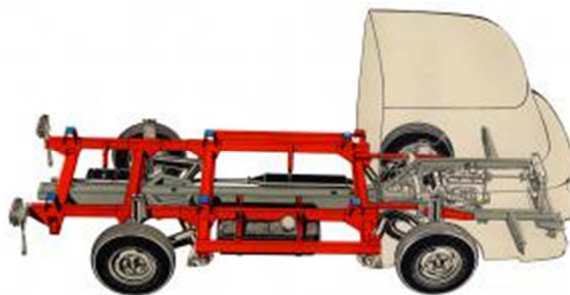
Řešení spojení v rámu podvozku klade tvarové nároky na zajištění vhodných spojovacích míst na vhodný základní tvar rámu. Rám by měl mít nosné prvky co nejdále od středové osy automobilu. Tedy v místech, která umožní snadnému připojení nástavby. Výhody tohoto řešení by byli ve snížení hmotnosti nástavby na úkor hmotnosti rámu podvozku.



*Obr. 5.1 Vhodného tvarování rámu pro snadnější uložení nástavby [X]*

### 5.2 V rámu nástavby

Řešení míst pro spojení v rámci rámu nástavby dává možnost minimalizovat rám podvozku. Ten se může omezit jen na přímé spojení zavěšení kol a umístění pohonů. Rám nástavby musí přenést všechny zatížení od jízdních sil. Výhodou je poměrně vysoký profil rámu nástavby, který bude lépe odolávat zkrutným zatížením. Nevýhodou je, že středové spojovací prvky budou přenášet značné zatížení oproti umístění na krajích.



*Obr. 5.2 Připojení červeného rámu nástavby na šedý páteřový rám [X]*

### **5.3 V obou rámech**

Kombinuje výhody předchozích řešení. Spojovací body jsou umístěny na vhodných místech rámců. Tedy ve střední části kabiny a na vnějších místech a v přední a zadní části poblíž středové osy vozidla. Toto řešení poskytuje maximální tuhost a úsporu hmotnosti.

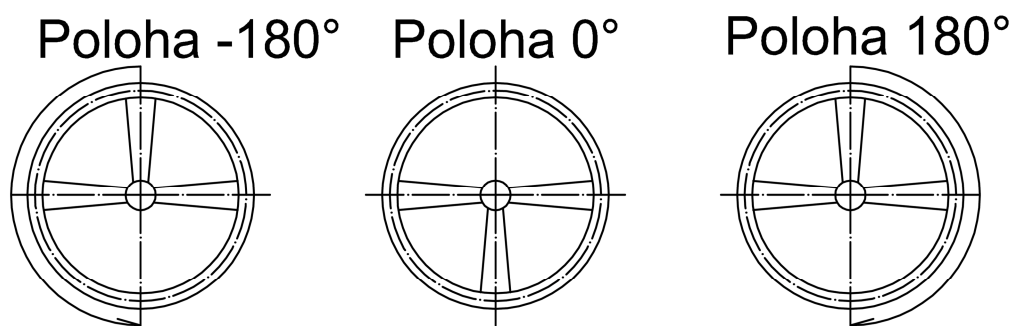
Detailní provedení spojovacích prvků se nachází v [1].

## 6 SYSTÉMY ŘÍZENÍ VOZIDLA

Po tom co byly vyřešeny prostorové proporce rozměrů prostoru pro posádku a umístění posádky vně bylo nutno ještě opatřit místo řidiče ovládacími prvky pro řízení vozidla. Těmito prvky jsou volant, akcelerační a brzdový pedál. Poté byl ještě proveden návrh designu palubní desky s umístěním zobrazovacích prvků a tlačítek pro základní ovládaní.

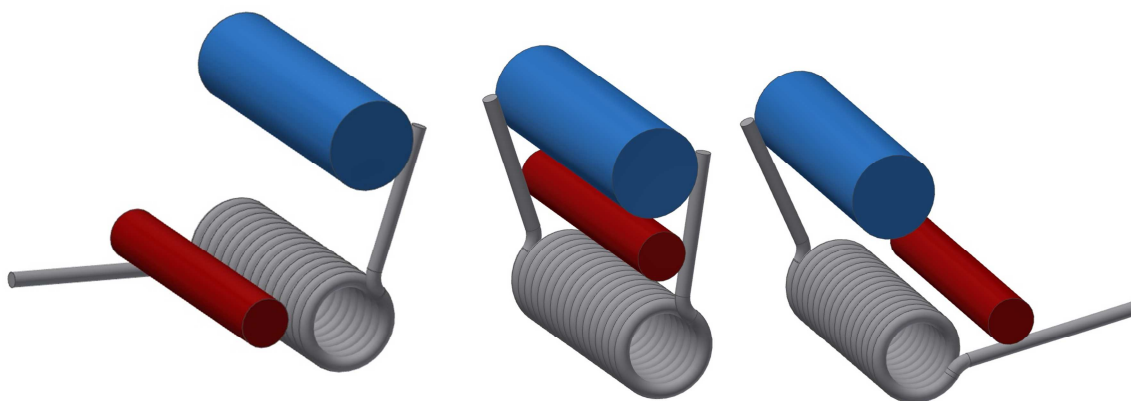
### 6.1 Systém volantu a jeho umístění v prostoru pro posádku

Základním prvkem pro řízení je volant. Jeho funkcí je umožnit změnu směru jízdy. Protože řízení musí být provedeno pomocí systému drive-by-wire, nebude tedy obsahovat přímé mechanické propojení kol a volantu. Díky tomu není do volantu přenášen odpor kol proti natočení řízení. Ten je nutno pro bezpečnou jízdu vyvodit pomocí mechanického systému. Tento systém bude zároveň plnit funkci vracení volantu do nulové polohy. Protože přenos natočení volantu není mechanický je nutno sledovat natočení hřídele pomocí snímače.

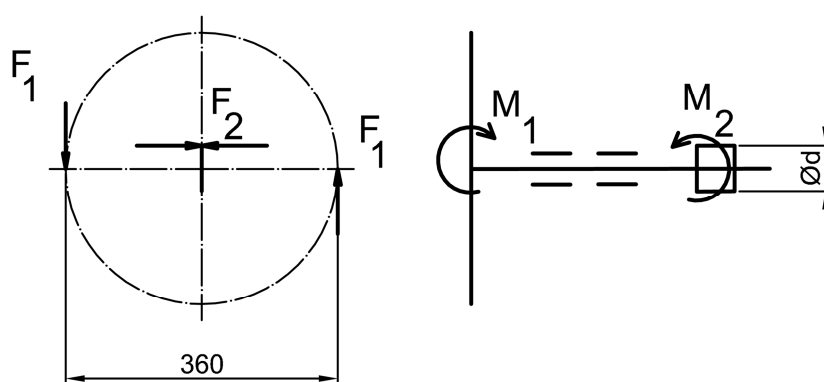


Obr. 6.1 Schéma požadovaného úhlu otáčení volantu

Systém bude tvořen pomocí klasického volantu, ten bude pomocí rychlospojky připojen k hřídeli. Hřídel bude uložena v kuličkových ložiscích. Za uložení v ložiscích je umístěn systém vracení volantu. Ten je tvořen zkrutnou pružinou a kombinací pevného a otočného kolíku. Pevný kolík je možno vidět na obr. 6.2 jako modrý válec o který se zapírá konec pružiny. Pohyblivý unašeč hřídele je na obr. 6.2 zobrazen jako červený válec a pružinu napíná. Dle obrázku je vidět jak se při otáčení na různé strany mění funkce jednotlivých konců pružiny.



Obr. 6.2 Funkce zkrutné pružiny při otáčení v obou směrech



Obr. 6.2 Schéma pro určení síly od torzní pružiny

Momentová rovnováha na hřídeli volantu

$$M_1 = M_2 \quad (6.1)$$

Moment protisíly na volantu

$$M_1 = 2 \cdot F_1 \cdot \frac{D_v}{2} \quad (6.2)$$

$M_1$  – potřebný moment vytvořený řidičem vozidla

$F_1$  – síla odporu na jednu ruku. Sílu jsem volil na základě provedení testu se závažími jako 1N.

$D_v$  – roztečný průměr volantu

$$M_1 = 2 \cdot 1 \cdot \frac{0,36}{2} = 0,36 \text{ [N} \cdot \text{m]} \quad (6.3)$$

Tab. 8 Přehled vhodných pružin od nejmenších dodávaných firmou HENNLICH S.R.O.

[14]

Pružina typ D	d [mm]	M [N·mm]	Tuhost T [N·mm]	Moment M <sub>max</sub> [N·mm]	Roz. pr. Unašeče D <sub>u</sub> [mm]	Úhel α <sub>max</sub> [°]	Síla F <sub>2</sub> [N]	Síla max F <sub>max</sub> [N]
M 04 R 23	4,3	10,56	0,05	19,56	5	196	2,11	3,9
M 05 R 23	6,4	19,63	0,09	35,83	6	223	3,27	5,97
M 07 R 19	5,2	53,88	0,25	98,88	6	219	8,98	16,4
M 07 R 23	7,9	53,88	0,28	104,28	7	196	7,69	14,8
M 10 R 19	5,5	149,23	0,74	282,43	8	202	18,6	35,3
M 10 R 23	12,5	149,23	0,55	248,23	10	207	14,9	24,8
M 12 R 19	6,7	244,29	1,26	471,09	8	194	30,5	58,8
M 20 R 19	10,7	1068,14	5,25	2013,14	10	203	106	201

Byla zvolena pružina M 12 R 19 firmy HENNLICH S.R.O. se silou 0,24 - 0,47 Nm. Tato dle přiložené tabulky nejlépe vyhovuje požadovanému momentu 0,36 Nm. Varianta zvolené pružiny je typ D. Tento typ umožňuje snadnou úpravu na požadovaný tvar.

Povolená výchylka této pružiny je 194°, což je méně než požadovaná výchylka 180° v jednom směru. Omezení v pohybu bude provedeno pomocí dorazů, aby nedošlo k poškození pružiny.

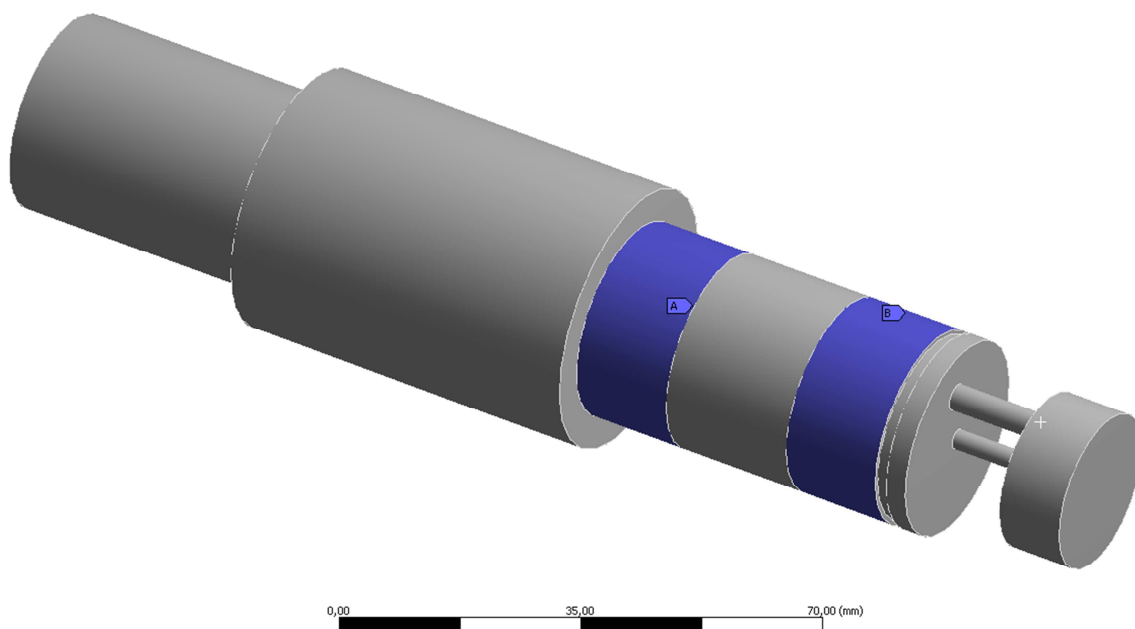
Detailní provedení hřídele řízení se nachází v [1]

## 6.2 MKP výpočet hřídele volantu

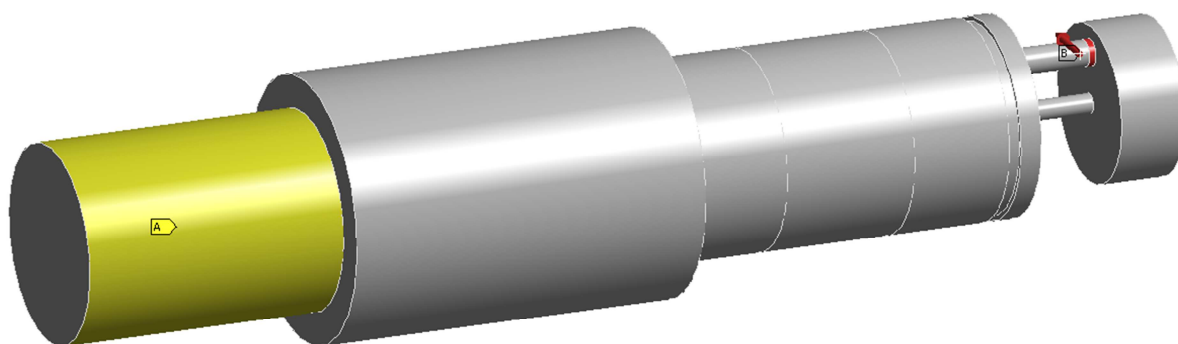
Pro výpočet zatížení hřídele jsem zvolil metodu MKP provedenou v programu ansys. Hřídel bude uložen ve dvou kuličkových ložiscích. Zátěžné síly budou tvořeny točivým momentem mezi pružinou generující zpětnou vazbu a ovládajícím člověkem.

### 6.2.1 Podpory a zatížení hřídele

Umístění otočných podpor a sil zatížení na hřídeli.

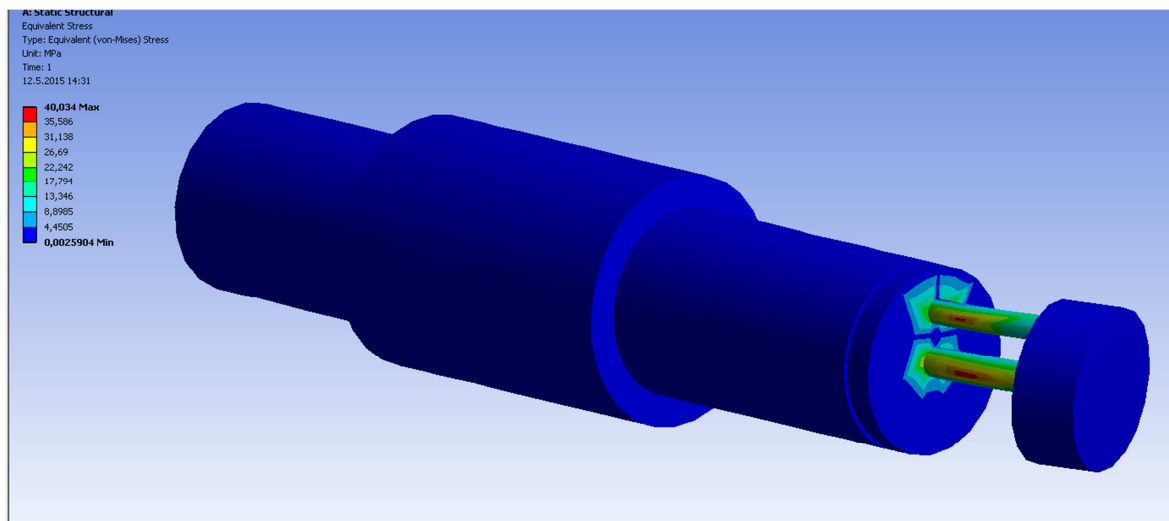


*Obr. 6.3 Umístění otočných podpor*

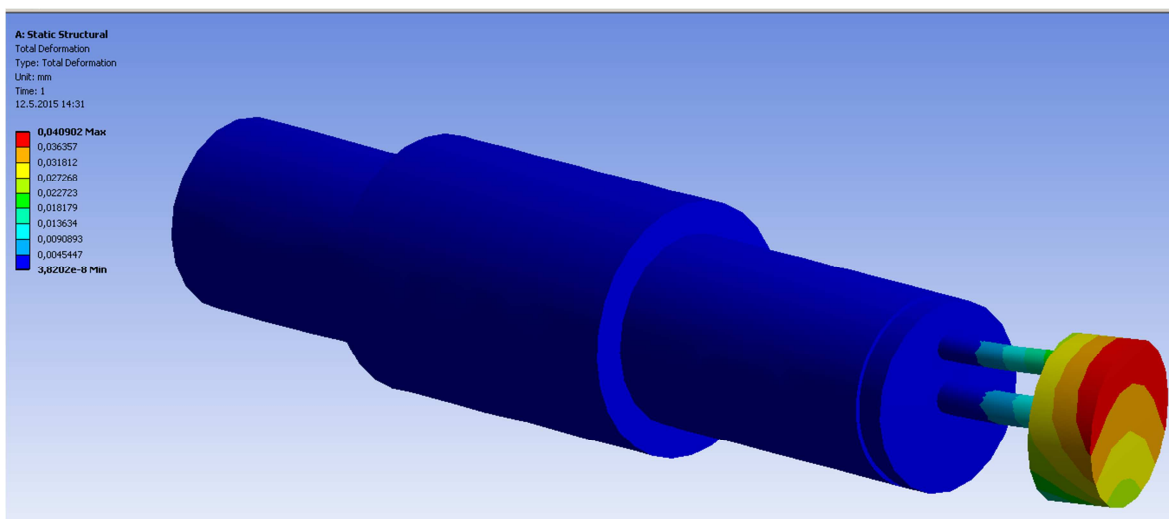


*Obr. 6.4 Umístění zatěžujících sil*

## 6.2.2 Výsledky výpočtu



Obr. 6.5 Výsledek výpočtu redukovaného napětí z programu ANSYS



Obr. 6.6 Výsledek deformační analýzy v programu ANSYS

Jako kritické místo s redukovaným napětím 41 MPa se ukázalo místo napojení unašeče na hřídel. Hřídel i čep je vyrobený z ocele 11 373 kde mez kluzu  $R_e = 205 \text{ MPa}$  [14]. Výsledná bezpečnost  $k_3 = 5$ . Tato bezpečnost je dostatečná.

## 6.3 Pedály akcelrace a brzdy

Nástavba bude vybavena dvěma pedály v prostoru řidiče. Jeden slouží pro ovládání zrychlení vozidla a druhý pro zpomalení.

Detailní provedení umístění pedálů se nachází v [1].

## 6.4 Design palubní desky a umístění zobrazovacích prvků v kabině

V rámci vybavení kabiny je největším prvkem a zároveň nejvýraznějším palubní deska. Ta tvoří naprosto dominantní prvek v kabině. Krom optického dojmu tvoří uložení pro zobrazovací systém, kryje uložení volantu a vyplňuje přední část kabiny.



*Obr. 6.7 Palubní deska s přístroji [18]*

Detailní provedení palubní desky a rozmístění zobrazovacích prvků se nachází v [1].

## 6.5 Ovládací dotykové prvky

Vozidlo je ovládáno pomocí systému drive-by-wire. Tento systém vyžaduje, aby všechny mechanické ovladače krom základních systému řízení byli dostupné pod tlačítky.

Systémy nastavení prvků vozidla budou ovládány pomocí dotykového displeje. K ovládání základních funkcí jako je uvedení vozidla do provozu, určení směru pohybu, zapnutí vnějšího osvětlení, rychlé vyvolání informace o zbývajícím kapacitě baterie a nouzová brzda budou použita samostatná ovládací tlačítka umístěná na palubní desce.





*Obr. 6.8 Multifunkční display vybavený dvěma ovládacími prvky [19]*

<http://www.motops.cz/photos/original/acewell-ace-3968-black-cerna-multifunkcni-pristrojova-deska-palubni-pocitac-tachometr-rychlomer---otackomer----lap-timer---ukazatel-zarazene-rychlosti-meric-paliva---palivomer--wired-remote-control.jpg>

## **7 ZBÝVAJÍCÍ PRVKY NÁSTAVBY**

Aby byla nástavba kompletní je nutno ji ještě opatřit dalšími vnitřními a vnějšími prvky. Vnitřními prvky jsou dva páry světel, tabule průhledného materiálu umožňující výhled z kabiny. Vnějšími prvky jsou dveře kabiny a nákladového prostoru.

### **7.1 Dveře kabiny**

Kabina má být uzavřená s možností nástupu a výstupu posádky. Toto musí zajistit vhodně zvolený systém dveří. Ty mohou být vytvořeny s možností úplného odstranění, nebo jako trvalé.

1. Dveře s možností odstranění. Ty jsou tvořeny pomocí tvarové spodní hrany. Ta tvoří ochranu posádky proti nečistotám během jízdy. Její výška je však kompromisem ochrany a snadného nastupování. Horní část tvoří volný prostor s možností zakrytování pomocí kostry kopírující rám s vypnutou nepromokavou látkou. Ta tvoří lepší ochranu proti vnějším vlivům s možností snadného rozebrání a uložení v nákladovém prostoru vozidla.
2. Plnohodnotné dveře. Ty tvoří nosný rám ze základních profilů. Na jedné straně je pro spojení s rámem nástavby připevněn pant. Z druhé strany je připevněn zámek. Ten umožňuje uzamykatelnost kabiny. V horní části jsou dveře opatřeny pevným oknem z plastu umožňující výhled z kabiny. Na pevné dveře je dále možno lépe upevnit vnější zpětná zrcátka.

Pro vytvářenou nástavbu byly zvoleny pevné dveře. Ty umožňují lepší designovou úpravu pro zapadnutí do navrhovaného konceptu. Splňují zároveň i lépe požadavky zadání na plnou uzavíratelnost kabiny vozidla. Poskytují větší ochranu posádky.

Detailní provedení dveří vozidla se nachází v [1].

### **7.2 Okna a výhled z kabiny**

Průhledové prostory posádky z kabiny mohou být buď volné, nebo opatřeny průhlednou deskou pro lepší ochranu posádky. Ochrana bude nezbytná pro provedení předního okna

z důvodů vyšších provozních rychlostí vozidla. Boční a zadní část je možno provést jako otevíratelnout.



*Obr. 7.1 Přední sklo[20]*

Okna byla na patřičných místech umístěna už během tvorby designu. Během návrhu bylo uvažováno s rovnými tabulemi pro všechna okna. Tabule budou vyrobeny z průhledného plastu. Zvoleným plastem bude polykarbonát. Uložení bude v kovových lištách přišroubovaných do rámců daných částí nástavby.

Okna vozidla budou opatřena otevíratelnou částí. Tato část bude fungovat jako zasouvací. Pro dobrou manipulovatelnost opatřena madlem.

Detailní provedení oken vozidla se nachází v [1].

## **7.3 Vnější prvky osvětlení**

Pro provoz vozidla je nutné provést jeho vybavení světly. Ty jdou rozdělit na dva druhy. První druh jsou světla umožňující posádce lepší výhled za snížené viditelnosti. Druhou jsou světla pro komunikaci s dalšími účastníky provozu.

### **7.3.1 Přední světla**

Přední světlomet je součástí přední masky nástavby. Tvoří ho tři páry světel firmy HELLA CZ, s.r.o. Jeden pár bude určený pro dálkové osvětlení cesty před vozidlem. Dva páry jsou určený pro tlumené svícení před vozidlo. Tyto světla jsou zapracována do designového

tvaru přední masky. Toto řešení je poté umístěno v kovovém rámu. Ten je umístěn v přední části vozidla na ke konstrukci nosného rámu nástavby.

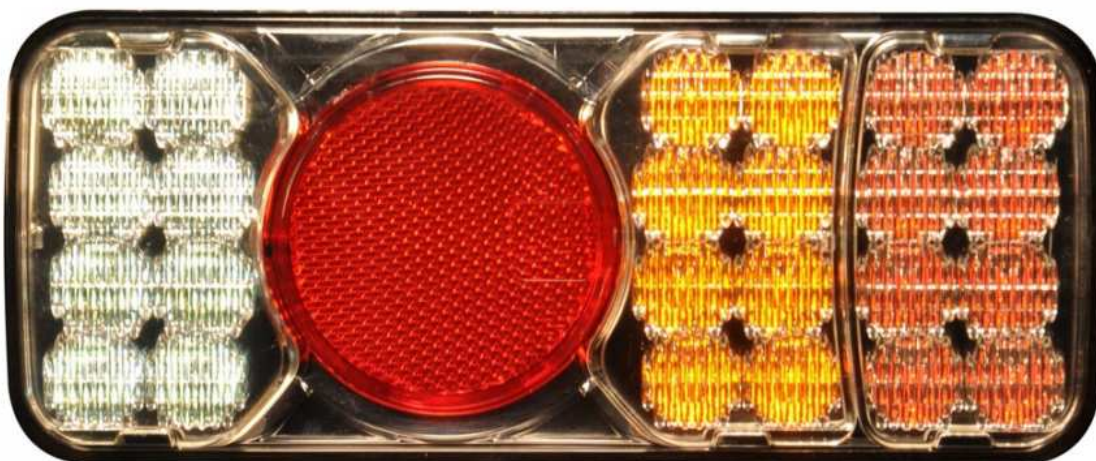
Detailní provedení předního světla se nachází v [1].



*Obr. 7.2 Světlomet vozidla [21]*

### **7.3.2 Zadní světla**

Zadní světla tvoří komunikační prostředek s ostatními řidiči za snížené viditelnosti. Pro lepší informovanost jsem zvolil variantu s třemi páry světel. První z vnější strany je pár světel směrových světel. Ty plní funkci informace o změně směru vozidla. Druhý pár tvoří pozicní světla, plnící funkci zlepšení viditelnosti vozidla. Posledním pár je tvořen rozdílnými světly. Pravé světlo je tvořeno červeným brzdovým světlem, jehož funkcí je informování brždění, levé je tvořeno bílým světlem, které slouží k osvětlení prostor za vozidlem při pohybu vozidla vzad. Světla jsou umístěna v plechovém rámu. Takto vytvořené světlo tvoří zadní světlomet. Ten je přivařen k zadní části rámu nástavby.



*Obr. 7.3 Ukázka zadního osvětlení vozidla [21]*

Detailní provedení zadního světla se nachází v [1].

#### **7.4 Zadní dveře nákladového prostoru**

Při vytváření nástavby ve variantě pick-up bylo nutné vyřešit jak rozměry nákladového prostoru, tak přístup do něj. Ten může být proveden buď jako uzavřený. Tato varianta není příliš vhodná nebo jako otevřený vybavený přístupovými dveřmi. Tyto dveře mohou být buď vysouvací, nebo otevírací. Vysouvací varianta je poměrně jednoduchá tvořená jen deskou v bočních vodících lištách. Tu je možno vyjmout a vytvořit tak přístupový prostor. Otevírací varianta je složitější. Může být tvořena dvěma systémy otevírání. První systém je podobný otevírání dveří. Na jedné straně by byly opatřeny značně zatěžovaným čepem v případě plného otevření. Druhou variantou je otevírání kolem spodního závěsu. Tato varianta vytváří problém uložení čepů otáčení, tak aby dveře po otevření vytvořily co možná nejvyrovnanější plochu s rovinou nákladového prostoru. Systém uzavírání je tvořen pomocí zajišťovacích zámků na volném konci.

Detailní provedení dveří nákladového prostoru se nachází v [1].





*Obr. 7.4 Nákladový prostor [22]*

## 8 ZÁVĚR

Na základě požadavků zadavatele jsem provedl konstrukci nástavby. K určení přípojovacích dílů a hlavních rozměrů rámů jsme vycházeli z konstrukčního návrhu podvozku pana Pláška.

Nástavbu jsem vytvořil pro dvě osoby a náklad. Tento náklad představuje hmotnost dvou osob a přídatného zatížení 50kg. Půdorysně byla nástavba navržena s parametry pro umístění čtyř sedadel, z toho dvou plnohodnotných pro řidiče a spolujezdce. Druhá řada sedadel bude vybavena dvěma neplnohodnotnými sedadly. Střecha byla zvolena jen pro krytí prostoru řidiče a spolujezdce, nákladový prostor je otevřený. Základním nosným prvkem je kovový rám. Tento rám zajišťuje samonosnost nástavby a to i po oddělení od podvozku, stejně tak plní bezpečnostní funkci ochrany posádky v případě nehody vozidla. Jeho pevnostní kontrola byla provedena pomocí MKP výpočtu v programu ANSYS.

Pro ovládání vozidla jsem použil standartní prvky. Volant, i oba pedály byli provedeny jako Drive-by-Wire. Pro zobrazování informací jsem zvolil dotykový display. Základní funkce jsou ovládány pomocí samostatných tlačítek.

Nástavba je vybavena předními i zadními světly. Zadní světla zajišťují komunikaci s ostatními řidiči pomocí světel pozičních, směrových, brzdových a světla zpátečky. Přední světlo zajišťuje lepší výhled osádky vozu za zhoršených podmínek viditelnosti.

Nástavba byla provedena jako uzavíratelná pomocí dveří. Ty jsem opatřil klikami pro lepší manipulaci a zámkem pro uzavření vozidla. Nákladový prostor jsem tak též opatřil dveřmi pro lepší přístup. Jejich uzavřenou polohu zajišťují patentní klipsy.

Podrobný popis výsledného řešení je v technické zprávě [1].

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČOUPEK, Jiří: *Design a konstrukční řešení základní varianty nástavby pro podvozek elektromobilu využitelné pro volnočasové aktivity a turismus*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2015. Technická zpráva pro firmu ROBOTSYSTEM, s.r.o.
- [2] PLÁŠEK, Petr: *Konstrukční řešení podvozku elektromobilu využitelného pro volnočasové aktivity a turismus*. Ostrava, VŠB-TU Ostrava, 2015. Diplomová práce.
- [3] PLÁŠEK, Petr: *Konstrukční řešení podvozku elektromobilu využitelného pro volnočasové aktivity a turismus*. Ostrava, VŠB-TU Ostrava, 2015. Technická zpráva pro firmu ROBOTSYSTEM s. r. o.
- [4] Autodeclics [online]. 2009 [cit. 2015-05-14]. Peugeot iOn a Citroën C-Zero. Dostupné z WWW:  
<[www.autodeclics.com/peugeot/voiture\\_bio/23628peugeot\\_ion\\_et\\_citroen\\_c\\_zero.html](http://www.autodeclics.com/peugeot/voiture_bio/23628peugeot_ion_et_citroen_c_zero.html)>.
- [5] Carister [online]. 2013 [cit. 2015-05-14]. Comparatif-couts-voitures-electriques-france. Dostupné z WWW:  
<[www.carister.com/blog/comparatif-couts-voitures-electriques-france](http://www.carister.com/blog/comparatif-couts-voitures-electriques-france)>.
- [6] America [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Technical challenge. Dostupné z WWW:  
<[en.venturi.fr/vehicles/venturi-range/america/technical-challenge](http://en.venturi.fr/vehicles/venturi-range/america/technical-challenge)>.
- [7] Wikipedia [online]. 2012 [cit. 2015-05-14]. Tesla S. Dostupné z WWW:  
<[en.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Model\\_S](http://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S)>.
- [8] GM-volt [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Will Volt gen 2 have a flat battery pack in the floor? Dostupné z WWW:  
<[gm-volt.com/2013/05/27/will-volt-gen-2-have-a-flat-battery-pack-in-the-floor](http://gm-volt.com/2013/05/27/will-volt-gen-2-have-a-flat-battery-pack-in-the-floor)>.
- [9] BMW [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. BMW i3 Visualizer Online. Dostupné z WWW: <[www.bmw.com/com/en/newvehicles/i/i3/2013/showroom](http://www.bmw.com/com/en/newvehicles/i/i3/2013/showroom)>.
- [10] BMW [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. BMW i3 lifedrive. Dostupné z WWW: <[www.bmw.cz/\\_common/shared/insights/corporation/bmwi/concept](http://www.bmw.cz/_common/shared/insights/corporation/bmwi/concept)>.
- [11] BMW [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. GM Hy-wire. Dostupné z WWW: <[energymeet.wordpress.com/2014/03/02/gm-hy-wire](http://energymeet.wordpress.com/2014/03/02/gm-hy-wire)>.
- [12] ČSN EN 547-3. Bezpečnost strojních zařízení - Tělesné rozměry - Část 3: Antropometrické údaje. Praha: Český normalizační institut, 2009. Třídní znak 833502.
- [13] CAD [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. CAD podpora koncepčního designu. Dostupné z WWW: <[www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/2714-cad-podpora-koncepcniho-designu.html](http://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/2714-cad-podpora-koncepcniho-designu.html)>.



- [14] LEINVERBER, J., VÁVRA, O. *Strojnické tabulky*. Albra – Pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2003., ISBN 90-86390-74-2
- [15] HENNLICH [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Zkrutné pružiny pravotočivé. Dostupné z WWW: <[www.hennlich.cz/produkty/pruziny-zkrutne-pruziny-159/zkrutne-pruziny-pravotocive](http://www.hennlich.cz/produkty/pruziny-zkrutne-pruziny-159/zkrutne-pruziny-pravotocive)>.
- [16] Mitsubishi-motors [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Rámy podvozků. Dostupné z WWW: <[www.mitsubishi-motors.cz](http://www.mitsubishi-motors.cz)>.
- [17] Moto muzeum [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Galerie. Dostupné z WWW: <<http://motomuseum.malse.eu>>.
- [18] Jen pro muže [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Obrázky Audi. Dostupné z WWW: <[www.jenpromuze.cz](http://www.jenpromuze.cz)>.
- [19] Motops [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Palubní počítače. Dostupné z WWW: <[www.motops.cz/photos/original/acewell-ace-3968-black-cerna-multifunkcni-pristrojova-deska](http://www.motops.cz/photos/original/acewell-ace-3968-black-cerna-multifunkcni-pristrojova-deska)>.
- [20] Díly Ford [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Přední skla. Dostupné z WWW: <[www.dilyford.eu/fotky15214/fotos/gen320](http://www.dilyford.eu/fotky15214/fotos/gen320)>.
- [21] Tuning optika [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. Přední světla. Dostupné z WWW: <[www.tuningoptika.cz/svetla](http://www.tuningoptika.cz/svetla)>.
- [22] Rent a car in Los Angeles [online]. 2015 [cit. 2015-05-14]. 2000 Ford F250 4 Door King Cab Pick-Up Truck. Dostupné z WWW: <[www.rentacarinlosangeles.com/2000%20Ford%20F250%204%20Door%20King%20Cab%20Pick-Up%20Truck%20\(6\).html](http://www.rentacarinlosangeles.com/2000%20Ford%20F250%204%20Door%20King%20Cab%20Pick-Up%20Truck%20(6).html)>.

## **10 SEZNAM PŘÍLOH**

Výkres svařence

COU063-01

CD-ROM s textem práce a výrobní dokumentací v zadaném rozsahu

### Poděkování

Poděkování patří konzultantovy řešení mé diplomové práce z firmy ROBOTSYSTEM, s.r.o. panu Ing. Daniel Polák, Ph.D. za jeho pomoc při vypracovávání řešení dle požadavků firmy.

V Ostravě 18. Května 2015

..........  
podpis